

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-072440

(43)Date of publication of application : 12.03.2002

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027
H01L 21/3065

(21)Application number : 2000-260285

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 30.08.2000

(72)Inventor : ITO MASAMITSU

(54) METHOD FOR PRODUCING MASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for producing a mask capable of enhancing yield.

SOLUTION: The method for producing a mask comprises a step in which patterns are formed, the dimensions of the patterns are measured and the mean value of the pattern dimensions and the intrasurface uniformity of the pattern dimensions are obtained, a step for calculating an exposure margin in the case of using the resulting mask from the mean value and the intrasurface uniformity and a step for judging that the mask is good if the exposure margin is the desired value.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3425414

[Date of registration] 02.05.2003

[Number of appeal against examiner's

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-72440
(P2002-72440A)

(43)公開日 平成14年3月12日(2002.3.12)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト(参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	A 2 H 0 9 5
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P 5 F 0 0 4
21/3065		21/302	B

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2000-260285(P2000-260285)

(22)出願日 平成12年8月30日(2000.8.30)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 伊藤 正光

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

(74)代理人 100083161

弁理士 外川 英明

Fターム(参考) 2H095 BB03 BD02 BD03 BD23

5F004 AA16 DA04 DA26 DB08 EA05

EB07

(54)【発明の名称】 マスクの製造方法

(57)【要約】

【課題】 歩留まりを向上させることができるマスクの製造方法を提供する。

【解決手段】 マスクの製造方法では、パターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び該パターン寸法の面内均一性を求める工程と、該平均値と該面内均一性から該マスクを使用した場合の露光裕度を計算により求める工程と、該露光裕度が所望の露光裕度を有するか否かで該マスクの良否を判断する工程とからなる。

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】フォトマスクの製造方法において、フォトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、

前記平均値及び面内均一性から前記フォトマスクを使用した場合の露光裕度を計算により求める工程と、
前記露光裕度が所望の露光裕度を有するか否かで前記フォトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 2】ハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法において、ハーフトーン型位相シフトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、

前記ハーフトーン型位相シフトマスクの半遮光部における透過率の平均値及び面内均一性を求める工程と、
前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、

前記パターン寸法の平均値及び面内均一性、前記半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性から、前記ハーフトーン型位相シフトマスクを使用した場合の露光裕度を計算により求める工程と、

前記露光裕度が所望の露光裕度を有するか否かで前記ハーフトーン型位相シフトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 3】前記半遮光部における透過率の平均値及び面内均一性、並びに位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程において、前記面内均一性は、先のマスクで求めた値を利用し、後のマスクでは求めないことを特徴とする請求項 2 に記載のハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 4】レベンソン型位相シフトマスクの製造方法において、レベンソン型位相シフトマスクのパターン形成後、該パターン寸法を測定し、該パターンの寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、

前記レベンソン型位相シフトマスクの光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、

前記パターン寸法の平均値及び面内均一性、並びに前記光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性から、前記レベンソン型位相シフトマスクを使用した場合の露光裕度を計算により求める工程と、

前記露光裕度が所望の露光裕度を有するか否かで前記レベンソン型位相シフトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴とするレベンソン型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 5】前記光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程において、前記面内均一性は、先のマスクで求めた値を利用し、後のマスクでは求めないことを特徴とする請求項 4 に記載のレベンソン型位相シフトマスクの製造方法。

2

いことを特徴とする請求項 4 に記載のレベンソン型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 6】前記露光裕度がデフォーカス裕度と露光量裕度で定義されていることを特徴とする請求項 1、2 または 4 に記載のマスクの製造方法。

【請求項 7】フォトマスクの製造方法において、予め所望の露光裕度が得られるフォトマスクのパターン寸法の平均値及び面内均一性の関係を求めておく工程と、
フォトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、

前記所望の露光裕度が得られるフォトマスクのパターン寸法の平均値及び面内均一性の関係と、前記測定したパターン寸法の平均値及び面内均一性とを比較し、前記フォトマスクが所望の露光裕度を有するか否かで前記フォトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 8】ハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法において、予め所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性、半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性の関係を求める工程と、

ハーフトーン型位相シフトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、

前記ハーフトーン型位相シフトマスクの半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性を求める工程、

前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、

前記所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性、前記半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性の関係と、前記測定したパターン寸法の平均値及び面内均一性、前記半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性とを比較し、前記ハーフトーン型位相シフトマスクが所望の露光裕度を有するか否かで前記ハーフトーン型位相シフトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 9】予め所望の露光裕度が得られる関係を求める工程、並びにハーフトーン型位相シフトマスクのパターン形成後、前記半遮光部の透過率及び位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程において、前記面内均一性は、先のマスクで求めた値を利用し、後のマスクでは求めないことを特徴とする請求項 8 に記載のレベンソン型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 10】レベンソン型位相シフトマスクの製造方法において、予め所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性、並びに光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、

3

ト量の平均値及び面内均一性の関係を求める工程と、
レベンソン型位相シフトマスクのパターン形成後、該パ
ターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面
内均一性を求める工程と、

前記レベンソン型位相シフトマスクにおける光透過部の
位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、
前記所望の露光裕度を得られるパターン寸法の平均値及
び面内均一性、並びに光透過部の位相シフト量の平均値
及び面内均一性の関係と、前記測定したパターン寸法の
平均値及び面内均一性、並びに前記光透過部の位相シ
フト量の平均値及び面内均一性とを比較し、前記レベン
ソン型位相シフトマスクが所望の露光裕度を有するか否
かで前記レベンソン型位相シフトマスクの良否を判断す
る工程とを含むことを特徴とするレベンソン型位相シフ
トマスクの製造方法。

【請求項11】 予め所望の露光裕度を得られる関係を求
める工程、並びにハーフトーン型位相シフトマスクのパ
ターン形成後、前記光透過部の位相シフト量の平均値及
び面内均一性を求める工程において、前記面内均一性
は、先のマスクで求めた値を利用し、後のマスクでは求
めないことを特徴とする請求項10に記載のレベンソン
型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項12】 前記露光裕度がデフォーカス裕度と露光
量裕度で定義されていることを特徴とする請求項7、
8、または10記載のマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、フォトマスク、位
相シフトマスク等のマスクの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の製造工程において、各種パ
ターンを半導体ウエハに形成するパターン形成工程、い
わゆるリソグラフィー工程があるが、このリソグラフィー
工程では、フォトマスク、位相シフトマスク等のマス
クが用いられている。

【0003】 近年、半導体装置の微細化に伴って、この
種のフォトマスクに求められている寸法精度は急速に厳
しくなり、例えばマスク面内の寸法均一性は10nm以
下が必要とされている。

【0004】 従来、フォトマスクの製造方法において、
マスク基材に仕様に基づいてマスクパターンを形成した
後、マスクの良品か不良品かを判断している。その判断
項目は多数有り、その項目の中の一つでも仕様値を満
たさないものが有れば不良品とされてきた。例えば、ハー
フトーン型位相シフトマスクにおいては、代表的な仕様
項目と仕様値は、図2の表に示したように、11項目有
り、従来は、これら項目の内、1項目でも仕様値を越え
るマスクは、不良品としていた。

【0005】 そのため、マスク製造技術の高精度化も進
んでいるもののマスクの歩留は、極めて低い。

4

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上記したように、従来
のマスクの製造方法では、多数の良不品の判断項目の内
の1項目でも仕様を満たさないものが有れば不良品とし
ているため、マスクの歩留まりが、極めて低いという問
題があった。

【0007】 本発明は、上記課題に鑑みなされたもの
で、歩留まりを向上させることができるマスクの製造方
法を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため
に、本発明者は、従来の不良品とされたマスクについ
て、種々の分析の結果、以下の事実を見出した。

【0009】 即ち、一般に、フォトマスクの仕様は、半
導体ウエハへのパターン露光において、所望の露光裕度
を得るために必要で、各項目が全て仕様値ぎりぎりの値
になった場合でも、所望の露光裕度を得られるように決
められているが、実際のフォトマスクでは、全ての項目
が仕様値ぎりぎりの値になることは、極めて希で、殆ど
のフォトマスクは、ある項目は仕様値を越えても、他の
項目は余裕を持って仕様値の中に収まっていることが多
く、仮に、仕様値を越える項目が存在しても、他の項目
が余裕を持って仕様値に収まっている場合には、仕様値
を越える項目による露光裕度の減少分が、余裕を持って
仕様値に収まっている項目の露光裕度の増加分を下回れ
ば、全体としては所望の露光裕度を得ることができる。
例えば、図3の表に示すように、従来不良品とされてい
たハーフトーン型位相シフトマスクの測定例において、例
えば、出来上がったマスクのパターン寸法平均値の目標
値からのズレが、13nmで仕様値の±10nmを越え
ていても、そのマスクのパターン寸法面内均一性が4nm
(3σ)と仕様値である8nm(3σ)より余裕を持
って小さい値であった場合、実際に、このマスクをウエ
ハ露光しデフォーカス裕度と露光量裕度を測定すると所
望の露光裕度を得ることが出来ることを確認した。

【0010】 そして、本発明者は、フォトマスクの場合
は、露光裕度を決めている主項目は、パターン寸法の平
均値及び面内均一性であるので、マスクパターン形成
後、該パターンの平均値及び面内均一性を測定し、この
測定データから露光裕度を計算し、所望の露光裕度を有
するマスクを良品と判断し、更に、ウエハ露光裕度を確
認すべく、このマスクを用いて、ウエハ露光し、露光裕
度の評価を行った。その結果、実用上において、充分に
良品マスクであり、このような所望の露光裕度を有する
マスクを良品マスクとして救済できることを確認した。

【0011】 また、ハーフトーン型位相シフトマスクの
場合は、パターン寸法の平均値及び面内均一性の他に、
半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性と半遮光部の
位相シフト量の平均値及び面内均一性を測定し、これら
のデータから露光裕度を計算し、所望の露光裕度を得ら

5

れるか否かを判断し、レベンソン型位相シフトマスクの場合は、パターン寸法の平均値及び面内均一性の他に、光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を測定し、これらのデータから露光裕度を計算し、所望の露光裕度が得られるか否かを判断すれば、従来、不良マスクされていたマスクの内、簡単に、良品マスクとして救済でき、マスクの歩留まりを向上させることができることを見出し、本発明のマスクの製造方法を発明するに至った。

【0012】まず、上記目的を達成するために、第1の10 発明（請求項1）に係わるフォトマスクの製造方法では、フォトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記平均値及び面内均一性から前記フォトマスクを使用した場合の露光裕度を計算により求める工程と、前記露光裕度が所望の露光裕度を有するか否かで前記フォトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴としている。

【0013】この発明によれば、測定したパターン寸法の20 平均値および面内均一性のデータから、露光裕度を計算し、所望の露光裕度が得られるか否かで良否を判断している。

【0014】従って、パターン寸法の平均値及び面内均一性のどちらかの仕様値を満たさなく、従来、不良品とされたマスクにおいて、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済できるため、マスクの歩留まりを著しく向上させることができる。

【0015】また、上記目的を達成するために、第2の30 発明（請求項2）に係わるハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法では、ハーフトーン型位相シフトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記ハーフトーン型位相シフトマスクの半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記パターン寸法の平均値及び面内均一性、前記半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性から、前記ハーフトーン型位相シフトマスクを使用した場合の露光裕40 度を計算により求める工程と、前記露光裕度が所望の露光裕度を有するか否かで前記ハーフトーン型位相シフトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴としている。

【0016】この発明によれば、測定したパターン寸法の平均値および面内均一性のデータ、測定した半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性のデータ、測定した半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性のデータから、露光裕度を計算し、所望の露光裕度が得られるか否かで良否を判断している。

【0017】従って、従来、いずれかの平均値或いは面50

6

内均一性の仕様値を満たさず不良品とされたマスクにおいて、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済できるため、マスクの歩留まりを著しく向上させることができる。

【0018】更に、上記目的を達成するために、第3の発明（請求項4）に係わるレベンソン型位相シフトマスクの製造方法では、レベンソン型位相シフトマスクのパターン形成後、該パターン寸法を測定し、該パターンの寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記レベンソン型位相シフトマスクの光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記パターン寸法の平均値及び面内均一性、並びに前記光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性から、前記レベンソン型位相シフトマスクを使用した場合の露光裕度を計算により求める工程と、前記露光裕度が所望の露光裕度を有するか否かで前記レベンソン型位相シフトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴としている。

【0019】この発明によれば、測定したパターン寸法の平均値および面内均一性のデータと、測定した位相シフト量の平均値及び面内均一性のデータから、露光裕度を計算し、所望の露光裕度が得られるか否かで良否を判断している。

【0020】従って、従来、いずれかの平均値或いは面内均一性の仕様値を満たさず不良品とされたマスクにおいて、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済できるため、マスクの歩留まりを著しく向上させることができる。

【0021】更にまた、上記目的を達成するために、第4の発明（請求項7）に係わるフォトマスクの製造方法では、予め所望の露光裕度が得られるフォトマスクのパターン寸法の平均値及び面内均一性の関係を求めておく工程と、フォトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記所望の露光裕度が得られるフォトマスクのパターン寸法の平均値及び面内均一性の関係と、前記測定したパターン寸法の平均値及び面内均一性とを比較し、前記フォトマスクが所望の露光裕度を有するか否かで前記フォトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴としている。

【0022】この発明によれば、予め所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性の関係を求めておき、その関係と測定したマスクパターンの平均値及び面内均一性のデータとを比較することで、所望の露光裕度を得られるか否かで良否を判断している。

【0023】従って、従来、仕様値を満たさず不良品とされたマスクにおいて、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済することが可能になり、歩留まりを著しく向上させることができる。

【0024】更にまた、上記目的を達成するために、第5の発明（請求項8）に係わるハーフトーン型位相シフ

7

トマスクの製造方法では、予め所望の露光裕度が得られるパターン寸法平均値及び面内均一性、半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性の関係を求める工程と、ハーフトーン型位相シフトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記ハーフトーン型位相シフトマスクの半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記所望の露光裕度が得られるパターン寸法平均値及び面内均一性、前記半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性の関係と、前記測定したパターン寸法の平均値及び面内均一性、前記半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに前記半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を比較し、前記ハーフトーン型位相シフトマスクが所望の露光裕度を有するか否かで前記ハーフトーン型位相シフトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴としている。

【0025】この発明によれば、予め所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性と、半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性と、半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性との関係を求めておき、その関係と測定したマスクパターンの平均値及び面内均一性、測定した半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性、並びに測定した半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性のデータとを比較することで、所望の露光裕度を得られるか否かで良否を判断している。

【0026】従って、従来、いずれかの平均値の仕様値を満たさず不良品とされたマスクにおいて、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済することが可能になり、歩留まりを著しく向上させることができる。

【0027】更にまた、上記目的を達成するために、第6の発明（請求項10）に係わるレベンソン型位相シフトマスクの製造方法では、予め所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性、並びに光透過部の位相シフト量平均値及び面内均一性の関係を求める工程と、レベンソン型位相シフトマスクのパターン形成後、該パターンの寸法を測定し、該パターン寸法の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記レベンソン型位相シフトマスクにおける光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を求める工程と、前記所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性、並びに前記光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性の関係と、前記測定した前記パターン寸法の平均値及び面内均一性、並びに前記光透過部の位相シフト量の平均値及び面内均一性を比較し、前記レベンソン型位相シフトマスクが所望の露光裕度を有するか否かで前記レベ

8

ンソン型位相シフトマスクの良否を判断する工程とを含むことを特徴としている。

【0028】この発明によれば、予め所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性と、位相シフト量の平均値及び面内均一性との関係を求めておき、その関係と測定したマスクパターンの平均値及び面内均一性と、測定した位相シフト量の平均値及び面内均一性のデータとを比較することで、所望の露光裕度を得られるか否かで良否を判断している。

【0029】従って、従来、平均値が仕様値を満たさず不良品とされたマスクにおいて、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済することが可能になり、歩留まりを著しく向上させることができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態（以下、実施形態と称する）について説明する。

（第1の実施形態）以下、本発明の第1の実施形態に係わるフォトマスクの製造方法について説明する。

【0031】まず、ポジ型化学増幅レジストを500nmの厚さに塗布してあるCrマスクブランクスに、50keVの加速電圧を有した電子ビーム描画装置（東芝機械製、EBM3000）にて、0.15μmルールのラインアンドスペース系の1GDRAMのパターンを描画した。描画後、110度で15分間ベークを行なった後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【0032】次に、前記レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングにより前記Cr膜をエッチングし、Crパターンを形成した。このエッチング装置には、アルバック成膜製、MEPS-6025を用いた。また、エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。

【0033】その後、アッシング装置により前記レジストを剥離し、洗浄機により洗浄して、フォトマスクを得た。

【0034】そして、このフォトマスクの前記Crパターン寸法を寸法測定装置（Leica製LWM）により測定した。その結果、前記Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差は5nm、パターン寸法の面内均一性は15nmであった。

【0035】次いで、このCrパターン寸法の平均値と面内均一性のデータから、このフォトマスクをウェハ露光に用いた場合の露光裕度を計算した結果、パターン寸法変動が10%以内で、デフォーカス裕度を0.4μm確保し、且つ露光量裕度を13%得ることが可能であるとの結果が出た。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、露光波長248nm、NA0.6、σ0.75、2/3輪体照明とした。所望の露光裕度は、パターン寸法変動がデフォーカス裕度0.4μm以上で、且つ露光量裕度10%以上なの

9

で、このマスクは良品である。ちなみに、従来の場合には、本フォトマスクの仕様値は、パターン寸法の平均値が目標寸法に対して $\pm 10 \text{ nm}$ 、面内均一性は $3\sigma < 10 \text{ nm}$ である。よって平均値は、仕様を満たすが、一方、面内均一性は、仕様値に入らず、不良品マスクとなる。

【0036】しかし、実際には本実施形態で示した如く、このフォトマスクは、所望の露光裕度を得ることが可能で、良品である。

【0037】更に、ウェハ露光での露光裕度を確認すべく、ニコン社製KrFスキャナーでこのフォトマスクを用いて、ウェハ露光し、露光裕度の評価を行った。評価はデフォーカス量と露光量を変化させてウェハ上に形成したレジストパターン寸法をSEMにより測定することで行った。その結果、ウェハ上に形成したレジストパターン寸法の変動量が10%以下になるデフォーカス裕度は、 $0.45 \mu\text{m}$ であり、その時の露光量裕度は12%得ることができ、このフォトマスクが、実用上においても、十分良品であることが確認できた。

【0038】この実施形態によれば、次のような効果がある。即ち、従来では、パターン寸法の平均値及び面内均一性の仕様値が各々決められており、どちらかが仕様値を満たさない場合、不良品マスクとされていた。しかし、この実施形態では、測定したパターン寸法の平均値および面内均一性のデータから、露光裕度を計算し、所望の露光裕度が得られるか否かで良否を判断しているので、従来の不良品とされたマスク、例えば、平均値は、仕様値を満たさないが、面内均一性は余裕を持って仕様値を満たすマスクで、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済できるため、マスクの歩留まりを著しく向上させることができる。

(第2の実施形態)次に、本発明の第2の実施形態に係わるハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法について説明する。

【0039】まず、ポジ型化学増幅レジストを 500 nm の厚さに塗布してあるハーフトーンマスクブランクスに、 50 keV の加速電圧を有した電子ビーム描画装置(東芝機械製、EBM3000)にて、 $0.15 \mu\text{m}$ ルール of theホール系の1GDRAMのパターンを描画した。描画後、 110° で15分間ベークを行なった後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【0040】次に、前記レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングによりCr膜をエッチングした。このエッチング装置には、アルバック成膜製MEPS-6025を用いた。また、エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置により前記レジストを剥離し、洗浄機により洗浄して、ハーフトーン位相シフトマスクを得た。

10

【0041】そして、この位相シフトマスクのハーフトーンパターン(半遮光パターン)寸法を寸法測定装置(Leica製LWM)により測定した。その結果、前記パターン寸法の平均値と目標寸法との差は、 11 nm 、前記ハーフトーンパターン寸法の面内均一性は、 8 nm であった。

【0042】次に、前記ハーフトーンパターンの透過率の面内多点測定を行った。その結果、透過率は、 $5.7\% \pm 0.1\%$ であった。

【0043】また、前記ハーフトーンパターンの位相シフト量の面内多点測定を行った結果、 $176.5^\circ \pm 0.5^\circ$ であった。

【0044】次いで、このハーフトーンパターン寸法の平均値と面内均一性のデータ、透過率の平均値と面内均一性のデータ、位相シフト量の平均値と面内均一性のデータから、この位相シフトマスクをウェハ露光に用いた場合の露光裕度を計算した結果、パターン寸法変動が10%以内で、デフォーカス裕度を $0.4 \mu\text{m}$ 確保し、且つ露光量裕度を15%得ることが可能であるとの結果が出た。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、露光波長 248 nm 、NA 0.6、 $\sigma 0.75$ とした。所望の露光裕度は、パターン寸法変動がデフォーカス裕度 $0.4 \mu\text{m}$ 以上で、且つ露光量裕度10%以上なので、このマスクは良品である。ちなみに、従来の場合には、本位相シフトマスクの仕様値は、パターン寸法の平均値が目標寸法に対して $\pm 10 \text{ nm}$ 、面内均一性は $3\sigma < 10 \text{ nm}$ 、透過率の平均値は $5.5 \sim 6.5\%$ 、透過率の面内均一性は $\pm 0.1\%$ 、位相シフト量の平均は $177 \sim 183^\circ$ 、位相シフト量の面内均一性は $\pm 1.2^\circ$ である。よってパターン寸法の平均値と位相シフト量の平均値が仕様値を越えており不良品である。

【0045】しかし、実際には本実施形態で示した如く、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクである。

【0046】次に、ウェハ露光での露光裕度を確認すべく、ニコン社製KrFスキャナーでこの位相シフトマスクを用いて、ウェハ露光し、露光裕度の評価を行った。評価はデフォーカス量と露光量を変化させてウェハ上に形成したレジストパターン寸法をSEMにより測定することで行った。その結果、ウェハ上に形成したレジストパターン寸法の変動量が10%以下になるデフォーカス裕度は $0.4 \mu\text{m}$ であり、その時の露光量裕度は16%得ることができ、このマスクは、実用上においても、十分に良品であることが確認できた。

【0047】この実施形態によれば、次のような効果がある。即ち、従来では、パターン寸法の平均値及び面内均一性、ハーフトーンパターンの透過率の平均値及び面内均一性、ハーフトーンパターンの位相シフト量の平均値及び面内均一性の仕様値が各々決められており、どちらかが仕様値を満たさない場合、不良品マスクとされてい

11

た。しかし、この実施形態では、測定したパターン寸法の平均値および面内均一性のデータ、測定したハーフトーンパターンの透過率の平均値及び面内均一性のデータ、測定したハーフトーンパターンの位相シフト量の平均値及び面内均一性のデータから、露光裕度を計算し、所望の露光裕度が得られるか否かで良否を判断しているので、従来の不良品とされたマスク、例えば、平均値は、仕様値を満たさないが、面内均一性は余裕を持って仕様値を満たすマスクで、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済できるため、マスクの歩留まりを著しく向上させることができる。

(第3に実施形態)以下、本発明の第3の実施形態に係わるレベソソ型位相シフトマスクの製造方法について説明する。

【0048】まず、ポジ型化学増幅レジストを500nmの厚さに塗布してあるCrマスクブランクスに、50keVの加速電圧を有した電子ビーム描画装置(東芝機械製、EBM3000)にて、0.15 μ mルールラインアンドスペース系の1GDRAMのパターンを描画した。描画後、110度で15分間ベークを行なった後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【0049】次に、前記レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングにより前記Cr膜をエッチングし、Crパターンを形成した。このエッチング装置には、アルバック成膜製MEPS-6025を用いた。また、エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置により前記レジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。

【0050】次いで、形成した前記Crパターン寸法を寸法測定装置(Leica製LWM)により測定した。その結果、前記Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差は11nm、前記Crパターン寸法の面内均一性は8nmであった。

【0051】次に、そのマスクにi線レジストを塗布し、レーザービーム描画装置にて石英ガラスをエッチングする領域を描画した。

【0052】そして、現像後、反応性イオンエッチング装置(MEPS-6025)により、i線レジストパターンをエッチングマスクに石英基板を位相シフト量が175度になるようエッチングした。

【0053】次に、ウェットエッチングにより、更に、位相シフト量が5度増加するよう石英をエッチングした。これにより、所謂レベソソ型位相シフトマスクの光透過部の位相シフト量は180度になる。

【0054】次いで、i線レジストを剥離し、洗浄機で洗浄した後、位相シフト量の面内分布を多点測定した。その結果、178.5度 \pm 1.0度であった。

【0055】次いで、このパターン寸法の平均値と面内均一性のデータ、位相シフト量の平均値と面内均一性の

12

データから、このマスクをウェハ露光に用いた場合の露光裕度を計算した結果、パターン寸法変動が10%以内で、デフォーカス裕度を0.4 μ m確保し、且つ露光量裕度を15%得ることが可能であるとの結果が出た。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、露光波長248nm、NA0.6、 σ 0.75とした。所望の露光裕度は、パターン寸法変動がデフォーカス裕度0.4 μ m以上で、且つ露光量裕度10%以上なので、このマスクは良品である。ちなみに、従来の場合には、本マスクの仕様値は、パターン寸法の平均値が目標寸法に対して \pm 10nm、面内均一性は、 $3\sigma < 10$ nm、位相シフト量の平均は、177~183度、位相シフト量の面内均一性は、 \pm 1.2度である。よって、パターン寸法の平均値が仕様値を越えており不良品である。

【0056】しかし、実際には本実施形態で示した如く、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクである。

【0057】次に、ウェハ露光での露光裕度を確認すべく、ニコン社製KrFスキャナーでこのマスクを用いて、ウェハ露光し、露光裕度の評価を行った。評価はデフォーカス量と露光量を変化させてウェハ上に形成したレジストパターン寸法をSEMにより測定することで行った。その結果、ウェハ上に形成したレジストパターン寸法の変動量が10%以下になるデフォーカス裕度は、0.4 μ mあり、その時の露光量裕度は16%得ることができ、このマスクは、実用上においても、十分に良品であることが確認できた。

【0058】この実施形態によれば、次のような効果がある。即ち、従来では、パターン寸法の平均値及び面内均一性、位相シフト量の平均値及び面内均一性の仕様値が各々決められており、どれかが仕様値を満たさない場合、不良品マスクとされていた。しかし、この実施形態では、測定したパターン寸法の平均値および面内均一性のデータと、測定した位相シフト量の平均値及び面内均一性のデータから、露光裕度を計算し、所望の露光裕度が得られるか否かで良否を判断しているので、従来の不良品とされたマスク、例えば、平均値は、仕様値を満たさないが、面内均一性は余裕を持って仕様値を満たすマスクで、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済できるため、マスクの歩留まりを著しく向上させることができる。

(第4の実施形態)以下、本発明の第4の実施形態に係わるフォトマスクの製造方法について説明する。

【0059】まず、ポジ型化学増幅レジストを500nmの厚さに塗布してあるCrマスクブランクスに、50keVの加速電圧を有した電子ビーム描画装置(東芝機械製、EBM3000)にて、0.15 μ mルールラインアンドスペース系の1GDRAMのパターンを描画した。描画後、110度で15分間ベークを行なった後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパ

13

ターンを形成した。

【0060】次に、前記レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングにより前記Cr膜をエッチングし、Crパターンを形成した。このエッチング装置には、アルバック成膜製MEPS-6025を用いた。また、エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。

【0061】その後、アッシング装置により前記レジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。

【0062】次いで、マスクの前記Crパターン寸法を寸法測定装置（Leica製LWM）により測定した。その結果、前記Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差は、5nm、前記Crパターン寸法の面内均一性は、15nmであった。

【0063】次いで、予め計算により求めておいた所望の露光裕度を得ることができるパターン寸法の平均値と面内均一性の関係（図1に示す曲線）と、測定により得た平均値と面内均一性のデータから、所望の露光裕度が得られるか否かの判断を行った。図1に示す曲線の内側の範囲に有れば良品、曲線の外側の範囲の場合は、不良品である。このマスクの結果は、図1の曲線の内側に存在するので所望の露光裕度を得ることが可能であると判断した。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、露光波長248nm、NA0.6、 σ 0.75、2/3輪体照明とした。所望の露光裕度は、パターン寸法変動がデフォーカス裕度0.4 μ m以上で、且つ露光量裕度10%以上である。ちなみに、従来の場合に、本マスクの仕様値は、パターン寸法の平均値が目標寸法に対して ± 10 nm、面内均一性は、 $3\sigma < 10$ nmである。よって平均値は、仕様を満

足するが、面内均一性が仕様値に入らず不良品である。

【0064】しかし、実際には、本実施形態で示した如く、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクである。

【0065】次に、ウェハ露光での露光裕度を確認すべく、ニコン社製KrFスキャナーでこのマスクを用いて、ウェハ露光し、露光裕度の評価を行った。評価はデフォーカス量と露光量を変化させてウェハ上に形成したレジストパターン寸法をSEMにより測定することで行った。その結果、ウェハ上に形成したレジストパターン寸法の変動量が10%以下になるデフォーカス裕度は、0.45 μ mであり、その時の露光量裕度は12%得ることができ、このマスクは、実用上においても、十分に良品であることが確認できた。

【0066】この実施形態によれば、予め所望の露光裕度を得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性の関係を求めておき、その関係と測定したマスクパターンの平均値及び面内均一性のデータとを比較することで、所望の露光裕度を得られるか否かで良否を判断している。これによっても、従来では不良品とされたマスク、例えば平均値は仕様値を満たさないが、面内均一性は余裕を

14

持って仕様値を満たしているマスクで、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済することが可能になり、歩留まりを著しく向上させることができる。

（第5の実施形態）以下、本発明の第5の実施形態に係わるハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法について説明する。

【0067】まず、ポジ型化学増幅レジストを500nmの厚さに塗布してあるハーフトーンマスクブランクスに、50keVの加速電圧を有した電子ビーム描画装置（東芝機械製、EBM3000）にて、0.15 μ mルールホール系の1GDRAMのパターンを描画した。描画後、110度で15分間ベークを行なった後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【0068】次に、前記レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングによりCr膜をエッチングし、Crパターンを形成した。このエッチング装置には、アルバック成膜製MEPS-6025を用いた。また、エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置により前記レジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。

【0069】次いで、マスクのハーフトーンパターン（半遮光パターン）寸法を寸法測定装置（Leica製LWM）により測定した。その結果、前記ハーフトーンパターン寸法の平均値と目標寸法との差は、11nm、前記ハーフトーンパターン寸法の面内均一性は、8nmであった。

【0070】次いで、前記ハーフトーンパターンの透過率の面内多点測定を行った。その結果、透過率は、5.7% \pm 0.1%であった。

【0071】更に、前記ハーフトーンパターンの位相シフト量の面内多点測定を行った結果、176.5度 \pm 0.5度であった。

【0072】次いで、このパターン寸法の平均値と面内均一性のデータ、透過率の平均値と面内均一性のデータ、位相シフト量の平均値と面内均一性のデータと、予め計算により用意しておいた所望の露光裕度を得られるパターン寸法平均値とパターン寸法面内均一性と透過率平均値と透過率面内均一性と位相シフト量平均値と位相シフト量面内均一性の関係（6次元の関係なのでグラフに示すことは割愛した）を比較し、所望の露光裕度を得ることができるかを判断した結果、所望の露光裕度を得ることができることが判り良品とした。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、露光波長248nm、NA0.6、 σ 0.75とした。所望の露光裕度は、パターン寸法変動がデフォーカス裕度0.4 μ m以上で、且つ露光量裕度10%以上である。ちなみに、従来の場合には、本マスクの仕様値は、パターン寸法の平均値が目標寸法に対して ± 10 n

15

m、面内均一性は、 $3\sigma < 10\text{ nm}$ 、透過率の平均値は、5.5～6.5%、透過率の面内均一性は、 $\pm 0.1\%$ 、位相シフト量の平均は、 $177\sim 183$ 度、位相シフト量の面内均一性は、 ± 1.2 度である。よってパターン寸法の平均値と位相シフト量の平均値が仕様値を越えており不良品である。

【0073】しかし、実際には本実施形態で示した如く、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクである。

【0074】次に、ウェハ露光での露光量裕度を確認すべく、ニコン社製KrFスキャナーでこのマスクを用いて、ウェハ露光し、露光裕度の評価を行った。評価は、デフォーカス量と露光量を変化させてウェハ上に形成したレジストパターン寸法をSEMにより測定することで行った。その結果、ウェハ上に形成したレジストパターン寸法の変動量が10%以下になるデフォーカス裕度は、 $0.4\text{ }\mu\text{m}$ あり、その時の露光量裕度は16%得ることができ、このマスクは、実用上においても、十分に良品であることが確認できた。

【0075】この実施形態によれば、予め所望の露光裕度が得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性と、ハーフトーンパターンの透過率の平均値及び面内均一性と、ハーフトーンパターンの位相シフト量の平均値及び面内均一性との関係を求めておき、その関係と測定したマスクパターンの平均値及び面内均一性、測定したハーフトーンパターンの透過率の平均値及び面内均一性、並びに測定したハーフトーンパターンの位相シフト量の平均値及び面内均一性のデータとを比較することで、所望の露光裕度を得られるか否かで良否を判断している。これによっても、従来では不良品とされたマスク、例えば平均値は仕様値を満たさないが、面内均一性は余裕を持って仕様値を満たしているマスクで、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済することが可能になり、歩留まりを著しく向上させることができる。

(第6の実施形態) 以下、本発明の第6の実施形態に係わるレベンソン型位相シフトマスクの製造方法について説明する。

【0076】まず、ポジ型化学増幅レジストを500nmの厚さに塗布してあるCrマスクブランクスに、50keVの加速電圧を有した電子ビーム描画装置(東芝機械製、EBM3000)にて、 $0.15\text{ }\mu\text{m}$ ルールのラインアンドスペース系の1GDRAMのパターンを描画した。描画後、 110 度で15分間ベークを行なった後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【0077】次に、前記レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングにより前記Cr膜をエッチングし、Crパターンを形成した。このエッチング装置には、アルバック成膜製MEPS-6025を用いた。また、エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置により

16

前記レジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。

【0078】次いで、マスクの前記Crパターン寸法を寸法測定装置(Leica製LWM)により測定した。その結果、前記Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差は、 11 nm 、前記Crパターン寸法の面内均一性は、 8 nm であった。

【0079】次に、そのマスクにi線レジストを塗布し、レーザービーム描画装置にて石英ガラスをエッチングする領域を描画した。現像後、反応性イオンエッチング装置(MEPS-6025)により、i線レジストパターンをエッチングマスクに石英基板を位相シフト量が 175 度になるようエッチングした。

【0080】次いで、ウェットエッチングにより、更に、位相シフト量が5度増加するよう石英をエッチングした。これにより、所謂レベンソン型位相シフトマスクの光透過部の位相シフト量は 180 度になる。

【0081】次に、i線レジストを剥離した後、位相シフト量の面内分布を多点測定した。その結果、 178.5 度 ± 1.0 度であった。

【0082】次いで、このパターン寸法の平均値と面内均一性のデータ、位相シフト量の平均値と面内均一性のデータと、予め計算により用意しておいた所望の露光裕度を得られるパターン寸法平均値とパターン寸法面内均一性と位相シフト量平均値と位相シフト量面内均一性の関係(4次元の関係なのでグラフに示すことは割愛した)を比較し、所望の露光裕度を得ることができるかを判断した結果、所望の露光裕度を得ることができること判り良品とした。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、露光波長 248 nm 、NA0.6、 $\sigma 0.75$ とした。所望の露光裕度は、パターン寸法変動がデフォーカス裕度 $0.4\text{ }\mu\text{m}$ 以上で且つ露光量裕度10%以上である。ちなみに、従来の場合には、本マスクの仕様値は、パターン寸法の平均値が目標寸法に対して $\pm 10\text{ nm}$ 、面内均一性は、 $3\sigma < 10\text{ nm}$ 、位相シフト量の平均は、 $177\sim 183$ 度、位相シフト量の面内均一性は、 ± 1.2 度である。よってパターン寸法の平均値が仕様値を越えており不良品である。

【0083】しかし、実際には、本実施形態で示した如く、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクである。

【0084】次に、ウェハ露光での露光裕度を確認すべく、ニコン社製KrFスキャナーでこのマスクを用いて、ウェハ露光し、露光裕度の評価を行った。評価はデフォーカス量と露光量を変化させてウェハ上に形成したレジストパターン寸法をSEMにより測定することで行った。その結果、ウェハ上に形成したレジストパターン寸法の変動量が10%以下になるデフォーカス裕度は、 $0.4\text{ }\mu\text{m}$ であり、その時の露光量裕度は16%得ることができ、このマスクは、実用上においても、十分に良品であることが確認できた。

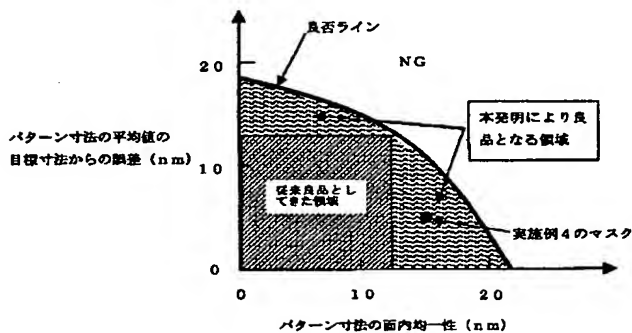
17

【0085】この実施形態によれば、予め所望の露光裕度を得られるパターン寸法の平均値及び面内均一性と、位相シフト量の平均値及び面内均一性との関係を求めておき、その関係と測定したマスクパターンの平均値及び面内均一性と、測定した位相シフト量の平均値及び面内均一性のデータとを比較することで、所望の露光裕度を得られるか否かで良否を判断している。これによっても、従来では不良品とされたマスク、例えば平均値は仕様値を満たさないが、面内均一性は余裕を持って仕様値を満たしているマスクで、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済することが可能になり、歩留まりを著しく向上させることができる。

【0086】なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨を逸脱しない範囲で、種々、変形して実施することができることは勿論である。

【0087】例えば、上記実施形態のハーフトーン型位相シフトマスクおよびレベンソン型位相シフトマスクの製造方法において、ハーフトーン型位相シフトマスクでは、半遮光部の透過率および位相シフト量について、ま

【図1】



【図3】

項目	仕様値	測定値
パターン寸法平均値の目標寸法からのずれ	±10nm以下	13nm
パターン寸法面内均一性	8nm (3σ) 以下	4nm
パターン寸法リニアリティ	±20nm以下	15nm
パターン位置残留誤差	20nm (3σ) 以下	19nm
パターン位置倍率誤差	0.2ppm以下	0.1ppm
パターン位置直交度誤差	0.2ppm以下	0.1ppm
欠陥	150nm以上の欠陥が無し	無欠陥
透過率平均値の目標透過率からのずれ	±0.2%	-0.15%
透過率面内均一性	±0.1%	±0.07%
位相平均値の180度からのずれ	±3度	+2.1度
位相面内均一性	±1.5度	±1.1度

18

*た、レベンソン型位相シフトマスクでは、光透過率の位相シフト量について、いずれも、平均値および面内均一性を求めているが、面内均一性は、各マスクにおいて余り変化がないので、各マスク毎に求める必要はなく、最初のマスクで求めた値を利用しても良い。

【0088】

【発明の効果】上記したように、本発明によれば、パターン寸法、透過率、位相シフト量等の平均値のいずれかが仕様値を満たさず不良品とされたマスクについて、所望の露光裕度を得ることが可能なマスクを良品として救済することが可能になり、歩留まりを著しく向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】所望の露光裕度を得ることができるパターン寸法の面内均一性と平均値の関係を示した曲線図、

【図2】ハーフトーン型位相シフトマスクの仕様値の例を示した表、

【図3】ハーフトーン型位相シフトマスクの測定結果の例を示した表。

【図2】

項目	仕様値
パターン寸法平均値の目標寸法からのずれ	±10nm以下
パターン寸法面内均一性	8nm (3σ) 以下
パターン寸法リニアリティ	±20nm以下
パターン位置残留誤差	20nm (3σ) 以下
パターン位置倍率誤差	0.2ppm以下
パターン位置直交度誤差	0.2ppm以下
欠陥	150nm以上の欠陥が無し
透過率平均値の目標透過率からのずれ	±0.2%
透過率面内均一性	±0.1%
位相平均値の180度からのずれ	±3度
位相面内均一性	±1.5度